



ЗРГИМ

**XII СТРУЧНО СОВЕТУВАЊЕ СО
МЕЃУНАРОДНО УЧЕСТВО**

ПОДЕКС – ПОВЕКС '19

**01 ÷ 03. 11. 2019 година
Струмица**

**ТЕХНОЛОГИЈА НА ПОДЗЕМНА И ПОВРШИНСКА
ЕКСПЛОАТАЦИЈА НА МИНЕРАЛНИ СУРОВИНИ**

ЗБОРНИК НА ТРУДОВИ

Зборник на трудови:
**ТЕХНОЛОГИЈА НА ПОДЗЕМНА И ПОВРШИНСКА ЕКСПЛОАТАЦИЈА НА
МИНЕРАЛНИ СУРОВИНИ**

Издавач:

Здружение на рударски и геолошки инженери на Република Македонија
www.zrgim.org.mk

Главен и одговорен уредник:

Доц. д-р Стојанче Мијалковски

За издавачот:

м-р Горан Сарафимов, дипл.руд.инж.

Техничка подготовка:

Доц. д-р Стојанче Мијалковски

Изработка на насловна страна:

Доц. д-р Ванчо Аџиски

Печатница:

“2–ри Август”, Штип

Година:

2019

Тираж:

200 примероци

CIP - Каталогизација во публикација
Национална и универзитетска библиотека "Св. Климент Охридски", Скопје

622.22/23:622.3(062)

СТРУЧНО советување со меѓународно учество ПОДЕКС-ПОВЕКС'19 (12; 2019; Струмица)
Технологија на подземна и површинска експлоатација на минерални сировини: зборник на трудови / XII-то
стручно советување со меѓународно учество ПОДЕКС-ПОВЕКС'19, 01-03.11.2019 година, Струмица;
[главен и одговорен уредник Стојанче Мијалковски]. - Скопје:
Здружение на рударски и геолошки инженери на Република Македонија, 2019.-223 стр.: илустр.; 30 см

Библиографија кон трудовите
ISBN 978-608-65530-5-0

а) Рударство – Експлоатација – Минерални сировини – Собири
COBISS.MK-ID 111373322

Сите права и одговорности за одпечатените трудови ги задржуваат авторите. Не е дозволено ниту еден дел од оваа книга да биде репродуциран, снимен или фотографран без дозвола на авторите и издавачот.



ОРГАНИЗАТОР:

**ЗДРУЖЕНИЕ НА РУДАРСКИТЕ И ГЕОЛОШКИТЕ
ИНЖЕНЕРИ НА РЕПУБЛИКА МАКЕДОНИЈА**

www.zrgim.org.mk



КООРГАНИЗАТОР:

**УНИВЕРЗИТЕТ “ГОЦЕ ДЕЛЧЕВ” - ШТИП
ФАКУЛТЕТ ЗА ПРИРОДНИ И ТЕХНИЧКИ НАУКИ
ИНСТИТУТ ЗА РУДАРСТВО**

НАУЧЕН ОДБОР:

Проф. д-р **Зоран Десподов**, УГД, ФПТН, Штип, Р. Северна Македонија;
Проф. д-р **Зоран Панов**, УГД, ФПТН, Штип, Р. Северна Македонија;
Проф. д-р **Дејан Миравовски**, УГД, ФПТН, Штип, Р. Северна Македонија;
Проф. д-р **Благој Голомеов**, УГД, ФПТН, Штип, Р. Северна Македонија;
Проф. д-р **Блажо Боев**, УГД, ФПТН, Штип, Р. Северна Македонија;
Проф. д-р **Ристо Дамбов**, УГД, ФПТН, Штип, Р. Северна Македонија;
Проф. д-р **Орце Спасовски**, УГД, ФПТН, Штип, Р. Северна Македонија;
Проф. д-р **Војо Мирчовски**, УГД, ФПТН, Штип, Р. Северна Македонија;
Проф. д-р **Николинка Донева**, УГД, ФПТН, Штип, Р. Северна Македонија;
Доц. д-р **Стојанче Мијалковски**, УГД, ФПТН, Штип, Р. Северна Македонија;
Доц. д-р **Ванчо Аџиски**, УГД, ФПТН, Штип, Р. Северна Македонија;
Проф. д-р **Милорад Јовановски**, УКИМ, Градежен факултет, Скопје, Р. Северна Македонија;
Проф. д-р **Витомир Милиќ**, Технички факултет во Бор, Р. Србија;
Проф. д-р **Радоје Пантовиќ**, Технички факултет во Бор, Р. Србија;
Проф. д-р **Ивица Ристовиќ**, РГФ, Белград, Р. Србија;
Проф. д-р **Раде Токалиќ**, РГФ, Белград, Р. Србија;
Проф. д-р **Војин Чокорило**, РГФ, Белград, Р. Србија;
Проф. д-р **Владимир Павловиќ**, РГФ, Белград, Р. Србија;
Проф. д-р **Божо Колоња**, РГФ, Белград, Р. Србија;
Проф. д-р **Јоже Кортник**, Факултет за природни науки и инженерство, Љубљана, Словенија;
Проф. д-р **Јакоб Ликар**, Факултет за природни науки и инженерство, Љубљана, Словенија;
Проф. д-р **Верослав Молнар**, БЕРГ Факултет, Технички Универзитет во Кошице, Р. Словачка;
Проф. д-р **Димитар Анастасов**, Мино-геолошки Универзитет, Софија, Р. Бугарија;
Проф. д-р **Венцислав Иванов**, Мино-геолошки Универзитет, Софија, Р. Бугарија;
Проф. д-р **Павел Павлов**, Мино-геолошки Универзитет, Софија, Р. Бугарија;
Проф. д-р **Иваило Копрев**, Мино-геолошки Универзитет, Софија, Р. Бугарија;
д-р **Кремена Дедељанова**, Научно – технички сојуз за рударство, геологија и металургија, Софија, Р. Бугарија;
м-р **Саша Митиќ**, Рударски Институт, Белград, Р. Србија.

ОРГАНИЗАЦИОНЕН ОДБОР:

Претседател:

Олег Телној, Рудник “САСА”, М. Каменица.

Потпретседатели:

Доц. д-р **Стојанче Мијалковски**, УГД, ФПТН, Штип;
м-р **Драган Димитровски**, ДИТИ, Скопје;
Митко Крмзов, ЕКСПЛОТЕЦ МАЦ ДООЕЛ, Радовиш.

Генерален секретар:

м-р **Горан Сарафимов**, ЕКСПЛОТЕЦ МАЦ ДООЕЛ, Радовиш.

ЧЛЕНОВИ НА ОРГАНИЗАЦИОНИОТ ОДБОР:

Проф. д-р **Зоран Десподов**, УГД, ФПТН, Штип;
Проф. д-р **Дејан Мираковски**, УГД, ФПТН, Штип;
Проф. д-р **Зоран Панов**, УГД, ФПТН, Штип;
Проф. д-р **Благој Голомеов**, УГД, ФПТН, Штип;
Проф. д-р **Блажо Боев**, УГД, ФПТН, Штип;
Проф. д-р **Тодор Серафимовски**, УГД, ФПТН, Штип;
Проф. д-р **Орце Спасовски**, УГД, ФПТН, Штип;
Проф. д-р **Војо Мирчовски**, УГД, ФПТН, Штип;
Проф. д-р **Мирјана Голомеова**, УГД, ФПТН, Штип;
Проф. д-р **Виолета Стефанова**, УГД, ФПТН, Штип;
Проф. д-р **Виолета Стојанова**, УГД, ФПТН, Штип;
Проф. д-р **Тена Шијакова Иванова**, УГД, ФПТН, Штип;
Проф. д-р **Гоше Петров**, УГД, ФПТН, Штип;
Проф. д-р **Ристо Дамбов**, УГД, ФПТН, Штип;
Проф. д-р **Соња Лепиткова**, УГД, ФПТН, Штип;
Проф. д-р **Николинка Донева**, УГД, ФПТН, Штип;
Проф. д-р **Марија Хаџи-Николова**, УГД, ФПТН, Штип;
Проф. д-р **Ристе Поповски**, УГД, ФПТН, Штип;
Проф. д-р **Горан Тасев**, УГД, ФПТН, Штип;
Доц. д-р **Ванчо Аџиски**, УГД, ФПТН, Штип;
Доц. д-р **Марјан Делипетрев**, УГД, ФПТН, Штип;
Доц. д-р **Ѓорѓи Димов**, УГД, ФПТН, Штип;
Доц. д-р **Благица Донева**, УГД, ФПТН, Штип;
Доц. д-р **Афродита Зенделска**, УГД, ФПТН, Штип;
Доц. д-р **Иван Боев**, УГД, ФПТН, Штип;
Доц. д-р **Радмила Каранаква Стефанова**, УГД, ФПТН, Штип;
м-р **Борче Гоцевски**, Рудник “САСА”, М. Каменица;
м-р **Љупче Ефнушев**, Министерство за економија, Скопје;
м-р **Кирчо Минов**, Рудник за бакар “Бучим”, Радовиш;
м-р **Драги Пелтечки**, “Рудплан” ДООЕЛ, Струмица;

м-р **Страше Маневски**, АД ЕЛЕМ, РЕК Битола, ПЕ Рудници, Битола;
м-р **Благоја Георгиевски**, АД ЕЛЕМ, РЕК Битола, ПЕ Рудници, Битола;
м-р **Сашо Јовчевски**, Dekra Arbeit, РЕК Битола, ПЕ Рудници, Битола;
м-р **Андреј Кепевски**, Цементарница “Усје”, Скопје;
м-р **Игор Стојчески**, Мермерен комбинат, Прилеп;
м-р **Дејан Ивановски**, Рудник “САСА”, М. Каменица;
м-р **Лазе Атанасов**, ДИТИ, Скопје;
м-р **Дејан Петров**, Геотехника, Штип;
м-р **Трајче Бошевски**, Рудпроект, Скопје;
Мице Тркалески, Мермерен комбинат, Прилеп;
Зоран Костоски, Мармобианко, Прилеп;
Шериф Алиу, ЗРГИМ, Кавадарци;
Филип Петровски, “Булмак” - Рудник “Тораница”, К. Паланка;
Антонио Антевски, “Булмак” - Рудник “Тораница”, К. Паланка;
Димитар Стефановски, “Булмак” - Рудник “Злетово”, Пробиштип;
Дарко Начковски, “Булмак” - Рудник “Злетово”, Пробиштип;
Чедо Ристовски, Рудник “САСА”, М. Каменица;
Емил Јорданов, ГД “Гранит” АД, Скопје;
Борче Ѓоршевски, “Марковски Компани”, Битола;
Миле Милошески, АД ЕЛЕМ, РЕК Осломеј, Кичево;
Миланчо Дамески, МИСА-МГ, Скопје;
Сашко Дамески МИСА-МГ, Скопје;
Лазар Пончев, Машинокоп, Кавадарци;
Игор Трајанов, Рудник за бакар “Боров Дол”, Радовиш;
Илија Лозановски, Теиком тим, Битола;
Иван Купев, Мобилман, Скопје;
Виктор Шотаровски, Метсо Минералс, Скопје;
Љупчо Трајковски, ЗРГИМ, Кавадарци.

**XII СТРУЧНО СОВЕТУВАЊЕ НА ТЕМА:
“ТЕХНОЛОГИЈА НА ПОДЗЕМНА И ПОВРШИНСКА ЕКСПЛОАТАЦИЈА
НА МИНЕРАЛНИ СУРОВИНИ”
- со меѓународно учество –**

01 Ноември 2019, Струмица
Република Северна Македонија

ОРГАНИЗАТОР:

ЗДРУЖЕНИЕ НА РУДАРСКИТЕ И ГЕОЛОШКИТЕ ИНЖЕНЕРИ
НА РЕПУБЛИКА МАКЕДОНИЈА
www.zrgim.org.mk

КООРГАНИЗАТОР:

УНИВЕРЗИТЕТ “ГОЦЕ ДЕЛЧЕВ” – ШТИП
ФАКУЛТЕТ ЗА ПРИРОДНИ И ТЕХНИЧКИ НАУКИ
ИНСТИТУТ ЗА РУДАРСТВО
www.ugd.edu.mk



ЗРГИМ

XII СТРУЧНО СОВЕТУВАЊЕ НА ТЕМА:

“Технологија на подземна и површинска експлоатација на минерални сировини”

ПОДЕКС – ПОВЕКС '19

**Струмица
01 ÷ 03. 11. 2019 год.**

ПРЕДГОВОР

Меѓународното стручно советување за подземната експлоатација на минералните сировини (ПОДЕКС), за првпат се одржа на 06.12.2007 год. во Пробиштип во организација на Сојузот на Рударските и Геолошките Инженери на Македонија (СРГИМ).

Од 2012 година советувањето е проширено со трудови од површинската експлоатација на минерални сировини и е именувано како ПОДЕКС-ПОВЕКС.

Стручното советување, на тема: технологија на подземна и површинска експлоатација на минерални сировини, традиционално се одржува секоја година во месец ноември. На ова советување земаат учество голем број на стручни лица од: рударската индустрија, универзитетите, научно-истражувачките и проектантските организации, производителите на опрема и др.

На досегашните единаесет советувања (2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2014, 2015, 2016, 2017 и 2018 год.) учествуваа повеќе автори од 12 држави, кои презентираа 312 стручни трудови.

За ова дванаесетто советување (ПОДЕКС - ПОВЕКС '19) пријавени се 25 труда, на автори од 2 држави.

Големиот број на трудови од домашните автори произлезе како резултат на научно-истражувачката работа реализирана на високообразовните институции во Р. Македонија. Меѓутоа, посебно не радува учеството на автори од непосредното рударско производство, кои што презентираат постигнати резултати во рударската пракса.

Се надеваме дека традицијата за собирање на сите специјалисти од областа на подземната и површинската експлоатација на минералните сировини, ќе продолжи и дека во идниот период ова советување ќе прерасне во меѓународен симпозиум.

Уредници



AMGEM

XII EXPERT CONFERENCE THEMED:

“Technology of underground and surface mining of mineral raw materials”

PODEKS - POVEKS '19

Strumica

01 ÷ 03. 11. 2019.

FOREWORD

The International expert conference on underground mining of mineral raw materials (PODEKS), organized by the Association of Mining and Geology Engineers of Macedonia (AMGEM), was first held on 06.12.2007 in Probishtip.

Since 2012, in this counseling, surface exploitation of mineral resources is included too, and it is called PODEKS-POVEKS.

This expert conference called: Technology of underground and surface mining of mineral raw materials, traditionally, has been organized annually during November. A number of experts from the mining industry, universities, research institutions, planning companies, and equipment manufacturing companies participate in this conference.

Many authors from 12 countries participated in the previous eleven conferences (2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2014, 2015, 2016, 2017 and 2018) presenting 312 expert papers.

Twenty-five authors from 2 countries have registered their expert papers for the XIIth conference (PODEKS - POVEKS '19).

The large number of expert papers from the domestic authors has emerged as a result of the research work carried out at the higher education institutions in the Republic of Macedonia. We are particularly delighted by the participation of the authors involved in the immediate mining production who will be presenting the achieved results in the mining practice.

We hope that the tradition of gathering of all specialists from the field of underground and surface mining of mineral raw materials will continue and that this conference will grow up to an international conference in the future.

The Editors



ЗРГИМ
Здружение на
рударски и
геолошки инженери
на Македонија

XII СТРУЧНО СОВЕТУВАЊЕ НА ТЕМА:

**Технологија на подземна и површинска експлоатација
на минерални сировини**

ПОДЕКС – ПОВЕКС '19

Струмица
01 ÷ 03. 11. 2019 год.

СОДРЖИНА

ПРИМЕНА НА ТЕЛЕСКОПСКИ ЛАФЕТ ВО РУДНИКОТ ЗА ОЛОВО И ЦИНК “САСА” * Дејан Ивановски, Стојанче Мијалковски, Борче Гоцевски, Стојне Стоиловски.....	1
МЕТОДОЛОГИЈА ЗА ЕВАЛУАЦИЈА НА ВРЕМЕТО ЗА ЕВАКУАЦИЈА ВО СЛУЧАЈ НА ПОЖАР ВО РУДНИЦИТЕ ЗА ПОДЗЕМНА ЕКСПЛОАТАЦИЈА * Ванчо Аџиски, Зоран Десподов, Далибор Серафимовски, Стојанче Мијалковски.....	12
ПРИМЕНА НА МАШИНКА „CAN-BLAST“ ЗА МАШИНСКО ПОЛНЕЊЕ НА МИНСКИ ДУПЧОТИНИ СО ПАТРОНИРАНИ ЕКСПЛОЗИВИ * Ристо Дамбов, Дејан Ивановски, Илија Дамбов.....	22
МОДЕЛСКИ ИСПИТУВАЊА ЗА ОДРЕДУВАЊЕ НА ИСКОРИСТУВАЊЕТО И ОСИРОМАШУВАЊЕТО НА РУДАТА * Стојанче Мијалковски, Зоран Десподов, Дејан Мираковски, Ванчо Аџиски, Николинка Донева.....	33
ПРОЦЕНКА НА ОДРЖЛИВОСТ НА ПОДЗЕМНА ГАСИФИКАЦИЈА НА ЈАГЛЕН * Радмила Каранакова Стефановска, Зоран Панов, Ристо Поповски.....	43
ОПШТИ ТЕОРИСКИ ПОСТАВКИ ОКОЛУ ПОТРЕБАТА И ТЕХНОЛОГИЈАТА НА ГЕОЛОШКО СКЛАДИРАЊЕ НА ГАСОТ CO₂ ВО СООДВЕТНИ ЛИТОЛОШКИ ФОРМАЦИИ * Силвана Пешовска, Ванчо Ангелов, Ласте Ивановски	53
УРИВАЊЕ СО МИНИРАЊЕ, НА ПОСТОЕЧКИ АРМИСКИ ФОРТИФИКАЦИСКИ ОБЈЕКТ (БУНКЕР) ОД ТРАСАТА НА ЕКСПРЕСНИОТ ПАТ ШТИП - РАДОВИШ * Миле Стефанов, Сашо Андреев, Блаже Митев.....	64

ОПРЕДЕЛУВАЊЕ НА ДУПЧАЧКО-МИНЕРСКИТЕ ПАРАМЕТРИ НА ТРАСАТА НА АВТОПАТОТ КИЧЕВО-ОХРИД ВО ЗОНАТА НА ИЗВОРОТ НА РЕКА ТРЕСКА * Александар Пановски, Блажо Митев, Миле Стефанов, Мирослав Влачо, Александар Велков, Драги Дојчиновски, Игор Ѓоргиев.....	72
КОМПАРАТИВНО ТЕХНО-ЕКОНОМСКА АНАЛИЗА ПРИ КРОЕЊЕ НА МЕРМЕРНИ БЛОКОВИ * Ристо Дамбов, Радмила Каранакова Стефановска, Игор Стојчески.....	83
ПРИМЕНА НА СОВРЕМЕНИ МАШИНИ ЗА ДОРАБОТКА И ДОБИВАЊЕ НА КОМЕРЦИЈАЛНИ МЕРМЕРНИ БЛОКОВИ * Николче Р`жаникоски, Игор Стојчески, Љупче Петрески.....	93
КОМПАРАЦИЈА НА РЕЗУЛТАТИ ДОБИЕНИ ОД СИТОВА АНАЛИЗА И ЛАСЕРЕН ДИФРАКЦИОНЕН ГРАНУЛОМЕТАР * Афродита Зенделска, Мирјана Голомеова, Благој Голомеов.....	101
ПРЕПОЗНАВАЊЕ ОПАСНОСТИ И УПРАВУВАЊЕ СО РИЗИК * Анкица Илијева Стошиќ.....	109
ПРОЦЕНКА НА РИЗИК НА РАБОТНО МЕСТО – ГЕОФИЗИЧАР ПРИ ИСТРАЖУВАЊЕ НА МИНЕРАЛНИ СУРОВИНИ * Марјан Делипетрев, Благица Донева, Ѓорги Димов, Зоран Панов, Радмила Каранакова Стефановска, Роберт Филиповски.....	119
MANAGING OF MINING INDUSTRY IN KOSOVO – INSTITUTIONAL AND LEGAL FRAMEWORK * Kemajl Zeqiri, Musa Shabani, Avdi Konjuhi.....	124
ЗАГАДУВАЊЕ НА ВОЗДУХОТ СО ПРАШИНА ВО ГРАДОТ КАВАДАРЦИ. ОДРЕДУВАЊЕ НА ФАЗНАТА ЗАСТАПЕНОСТ СО ПРИМЕНА НА СКАНИНГ ЕЛЕКТРОНСКА МИКРОСКОПИЈА (СЕМ) И ЕНЕРГЕТСКА ДИСПЕРЗИВНА СПЕКТРОСКОПИЈА (ЕДС) * Иван Боев...	128
ГЕОМЕХАНИЧКИ КАРАКТЕРИСТИКИ НА ГЛИНАТА ОД НАОЃАЛИШТЕТО „ГРАДЕЦ” – ВИНИЦА И НЕЈЗИНА ПРИМЕНА * Ѓорги Димов, Благица Донева, Војо Мирчовски, Марјан Делипетрев.....	143
МЕТОДИ НА ГЕОЛОШКИ ИСТРАЖУВАЊА ЗА МЕРМЕРИЗИРАН ВАРОВНИК * Орце Петковски, Ванчо Ангелов, Ласте Ивановски.....	151
ГЕОЕЛЕКТРИЧНИ МЕТОДИ ЗА ИСТРАЖУВАЊЕ НА ПОДЗЕМНИ ВОДИ * Благица Донева, Ѓорги Димов, Марјан Делипетрев.....	161
ХЕМИСКИ СОСТАВ НА АЛАТКИТЕ КОИ СЕ КОРИСТЕНИ ПРИ ЕКСПЛОТАЦИЈАТА НА МЕРМЕРИТЕ ЗА ВРЕМЕ НА РИМСКИОТ ПЕРИОД НА ПРОСТОРОТ НА ПРИЛЕП, РЕПУБЛИКА СЕВЕРНА МАКЕДОНИЈА * Иван Боев, Блажо Боев.....	169

ХИДРОГЕОЛОШКИ ИСТРАЖУВАЊА ВО АСАНЛИСКО ПОЛЕ ВО БЛИЗИНА НА ДОЈРАНСКОТО ЕЗЕРО * Војо Мирчовски, Стојан Михајловски, Виолета Стефанова, Ѓорѓи Димов.....	178
ЛИТОСТРАТИГРАФСКИ КАРАКТЕРИСТИКИ НА ОЛИГОЦЕНСКИТЕ СЕДИМЕНТИ ВО КОЧАНСКАТА КОТЛИНА, РЕПУБЛИКА МАКЕДОНИЈА * Виолета Стојанова, Гоше Петров, Виолета Стефанова.....	189
СЕИЗМИЧНОСТ НА ПЕЛАГОНИСКИ ХОРСТ – АНТИКЛИНОРИУМ ЗА ПЕРИОДОТ ОД 1970-2018 * Катерина Дрогрешка, Јасмина Најдовска, Драгана Черних – Анастасовска.....	196
ПРОМЕНИ ВО ПРИРОДНАТА ОКОЛИНА ПРЕДИЗВИКАНИ ОД ЗЕМЈОТРЕС * Катерина Дрогрешка, Јасмина Најдовска, Драгана Черних—Анастасовска.....	206
ПРОБНА ЕКСПЛОАТАЦИЈА ПРИ ГЕОЛОШКО ИСТРАЖУВАЊЕ НА НАОЃАЛИШТА НА АРХИТЕКТинСКО ГРАДЕЖЕН КАМЕН * Орце Спасовски.....	216
ЕВРОПСКИ ПРЕДИЗВИЦИ ЗА ИСКОРИСТУВАЊЕ НА МИЛТА/ТИЊАТА ОД ИНДУСТРИСКИ ПРОЦЕСИ И ЗАШТИТА НА ЖИВОТНАТА СРЕДИНА * Соња Лепиткова, Влатко Трпески.....	224



ЗРГИМ

Здружение на
рударски и
геолошки инженери
на Р. Македонија

XII^{TO} СТРУЧНО СОВЕТУВАЊЕ НА ТЕМА:

Технологија на подземна и површинска експлоатација на
минерални сировини

ПОДЕКС – ПОВЕКС '19

Струмица
01 – 03. 11. 2019 год.

ГЕОЕЛЕКТРИЧНИ МЕТОДИ ЗА ИСТРАЖУВАЊЕ НА ПОДЗЕМНИ ВОДИ

Благица Донева¹, Ѓорги Димов¹, Љупче Ефнушев², Марјан Делипетрев¹

¹Универзитет “Гоце Делчев”, Факултет за природни и технички науки,
Штип, Р. Северна Македонија

²Министерство за економија на Р. Северна Македонија - Сектор за Минерални
сировини, Скопје, Р. Северна Македонија

Апстракт: Со помош на геофизичките истражувања се постигнува брзо, ефикасно, економично и недеструктивно решавање на одредени проблеми од областа на геологијата, рударството, градежништвото, водостопанството, археологијата, екологијата и др.

Истражувањето на подземни води, како што се: вода за пиење, технолошка вода, минерална, термална и термоминерална вода, исто така се врши со помош на геофизички методи.

Геофизичките истражувања имаат широка примена во хидрогеологијата, за решавање на водоснабдување на населени места, индустриски и други објекти, за одводнување на рудници, копови, каменоломи и сл. Геофизичките испитувања се многу значајни како истражната фаза пред дупчење, за прецизно лоцирање на дупнатини, истражно-експлоатациони дупнатини и бунари, како и за насочување и рационализирање на скапите истражни дупчења и други истражни работи.

За истражување на подземните води се применуваат различни геофизички методи, зависно од геолошките и хидрогеолошките услови на теренот. Најефикасни се геоелектричните методи (електрична отпорност-геоелектрично сондирање, геоелектрична томографија и др.).

Клучни зборови: геофизика, методи, геоелектрика, отпорност, сондирање

GEOELECTRICAL METHODS FOR EXPLORATION OF GROUNDWATER

Blagica Doneva¹, Gorgi Dimov¹, Ljupce Efnusev², Marjan Delipetrev¹,

¹University of Goce Delchev, Faculty of natural and technical sciences,
Stip, R. of North Macedonia

¹Ministry of Economy of R. of North Macedonia - Sector for Mineral Resources,
Skopje, R. of North Macedonia

Abstract: Geophysical research helps to quickly, efficiently, economically and non-destructively solve certain problems in the fields of geology, mining, construction, water economy, archeology, ecology and more.

Groundwater exploration, such as drinking water, technological water, mineral, thermal and thermo-mineral water, is also carried out using geophysical methods.

Geophysical explorations are widely used in hydrogeology, for establishment of water supply in settlements, industrial and other facilities, for drainage of mines, pits, quarries etc. Geophysical investigations are very important as the pre-drilling investigative phase, for precisely locating boreholes,

exploratory and exploitative wells, as well as for directing and rationalizing expensive investigative drilling and other investigative work.

Different geophysical methods are used for groundwater exploration, depending on the geological and hydrogeological conditions of the field. The most effective are geoelectrical methods (electrical resistance-geoelectric probing, geoelectrical tomography, etc.).

Key words: geophysics, methods, geoelectric, resistance, probing.

1. ВОВЕД

Геофизичките испитувања претставуваат мерење на физичките величини како што се: електрична отпорност, брзина на распостранување на звукот во земјените слоеви, брзина на ширење на еластичните бранови (сеизмички и микросеизмички мерења), абсорпција на неутронските честичи (мерење на густината на слоевите), магнетизам, проводливост итн.)

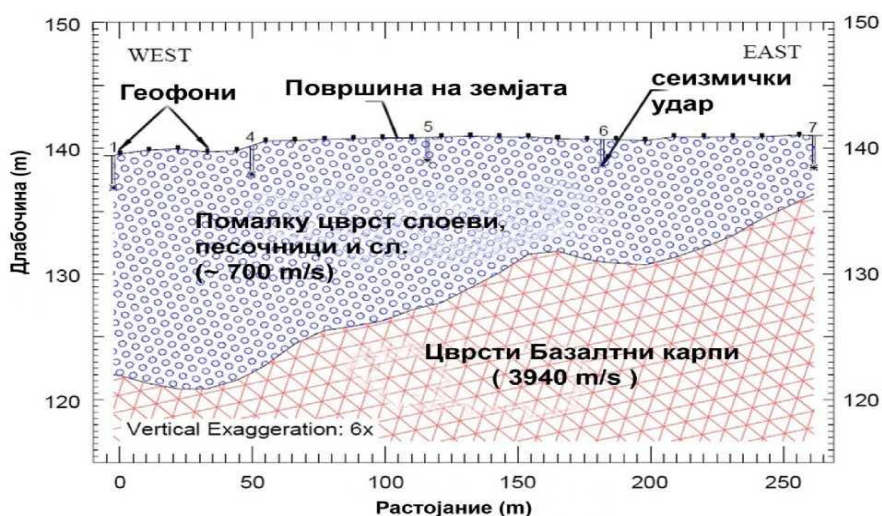
Цел на геофизичките испитувања е запознавање со карактеристиките на структурата и литологијата на карпестите маси и тела. Предноста на геофизичките методи при истражувањето на подземните води е тоа што инструментите се релативно евтини, а истражувањата се многу побрзи и поефтини од конвенционалните истражувања, односно, истражните дупчења.

Со правилен избор на геофизичките методи се забрзуваат и подобруваат истражувањата на подземните води, што овозможува намалување на обемот на истражното дупчење како скапа метода за истражување. Со помошта на геофизичките методи се врши идентификација на геолошките формации, локација и површина на подземната вода, прогноза за капацитетот на водоносните слоеви и слично.

Геофизичките методи можат да се групираат во три групи:

- Сеизмички методи;
- Геоелектрични испитувања;
- мерење во бушотините (каротаж).

Од сеизмичките методи во хидрогеологијата најчесто се применува рефракционата метода. Целта на оваа метода е да се определи и картира површината на подземните цврсти слоеви. Да се определи длабочината до цврстите карпести слоеви и варијациите на длабочината вдоль испитуваното подрачје.



Слика 1. Метода на сеизмичка рефракција

2. ГЕОЕЛЕКТРИЧНИ ИСПИТУВАЊА

Геоелектричните испитувања претставуваат една од основните дисциплини во применетата геофизика и една од најстарите широко применувани и добро познати методи кои се употребуваат за истражување на подземни води. Имаат голема примена во инженерската геологија и хидрологија, но се застапени и во рударството при истражување на разни минерални суровини и градежен материјал, во геотехниката за дефинирање на разни состојби и својства на работните средини но и во останатите гранки на инженерството.

Примената на геоелектричните методи е овозможена од фактот дека минералите кои ја сочинуваат геолошката формација имаат различни електрични својства. Некои геолошки тела, кога ќе се најдат во одредени природни услови можат да предизвикаат електрично поле. Поради тоа, составот и геолошката градба на теренот и различните природни процеси во земјата предизвикуваат електрични аномалии кои се манифестираат и на површината на теренот. Со регистрирање на тие електрични аномалии, на површината на теренот или во подземните објекти, може да се донесе заклучок за геолошката градба во внатрешноста и да се дефинира состојбата и својствата на геолошката формација.

2.1. Услови за примена на геоелектричните методи

Неопходни услови за примена на геоелектричните методи се:

- значајни разлики во електричните својства на геолошките средини
- поволна геолошко-структурна градба на теренот
- што помало вијание на разните пречки при мерењето.

Пречките при геоелектричните мерења најчесто потекнуваат од геолошките услови, постоење на околна индустрија и сл. (на мерењата многу влијаат индустриските струи од 50 Hz, јаки електрични заземјувања, трамваи, електрични железници, радар и сл.).

Постоењето на разлики помеѓу електричните својства на одделните природни материјали, кои се наоѓаат во испитуваното подрачје, овозможуваат користење на геоелектрични методи за мерење, со цел откривање на литологијата и областите на интензивен дисконтинуитет (пукнатина, расед). Од електричните својства најважен е специфичниот електричен отпор на слоевите, па затоа и методите со кои се мерат разликите на специфичната електрична отпорност, го сочинуваат главниот дел на сите геоелектрични методи.

2.2. Електрична проводливост (електрична отпорност)

Електричната проводливост на испитуваната средина зависи од минералниот состав, структурно-текстурните особини на средината и длабочината на залегнување.

Специфичната електрична отпорност (SEO) на минералите кои ги сочинуваат карпите, најчесто е многу висока, понекогаш од ред на големина $10^6 \Omega m$. Сувите карпи и сувите песочници имаат многу голема електрична отпорност (неколку десетици илјади оми на метар)

Електричната проводливост на карпите зависи и од волуменот на порите, распоредот на порите и текстурата на средината, минерализацијата и хемискиот

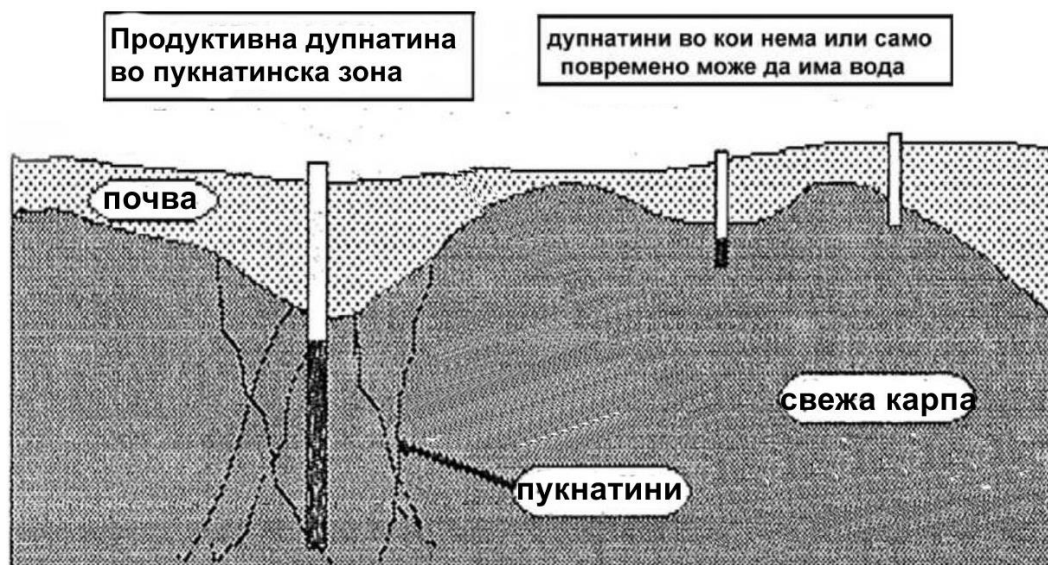
состав на подземните води, влажноста односно водозаситеноста, температурата и др.

Карпите помалку или повеќе се порозни, испукани и исполнети со вода, односно со раствори од разни минерални соли, што предизвикува подобра електрична спроводливост, односно помала електрична отпорност.

Специфичната електрична отпорност на подземната вода варира во широки граници. Од стоти дел на еден ом по метар (Ω/m), за солена вода, па до неколку илјади оми по метар за свежа вода.

Електричната отпорност на водата се состои од примарна (електрична отпорност при влез на водата во порите на карпите) и секундарна (настанува со растворање на минералите во водата, што зависи од времето во кое делови од водата имаат допир со околната средина).

Цел на геофизичките методи за истражување на подземни води се местата како што се пукнатините во цврстите подземни карпи каде има вода која може да се експлоатира (слика 2).

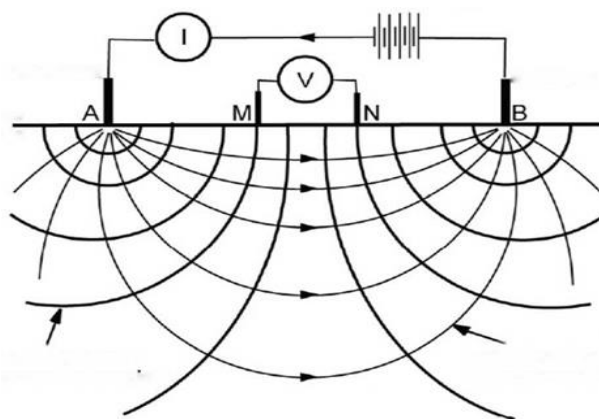


Слика 2. Пукнатински зони богати со вода

2.3. Геоелектрично сондирање

Картирањето и сондирањето претставуваат две основни методи на геоелектрично истражување на земјината внатрешна градба. Методата на картирање има поголеми можности за детектирање на вертикалните промени (раседи, вертикални контакти и др.), додека методата на сондирање има поголема можност на детектирање на хоризонталните промени (слоеви, хоризонтални контакти, раседи со мал агол во однос на хоризонталната рамнина и др.).

Геоелектричното сондирање се изведува со симетрично поместување на електродите вдоль профилот од неговата централна точка (слика 3). Се користат четири електроди (A, B, M, N). Преку две струјни електроди (A и B) се воведува електрична струја во земјата, а со две мерни (напонски, односно, потенцијални) електроди (M и N) се мери разликата на електричниот потенцијал помеѓу две точки во земјата кој е предизвикан од течењето на електричната струја.

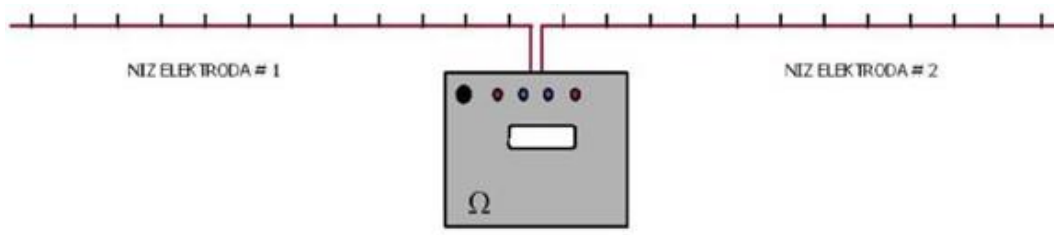


Слика 3. Шема на геоелектрично сондирање

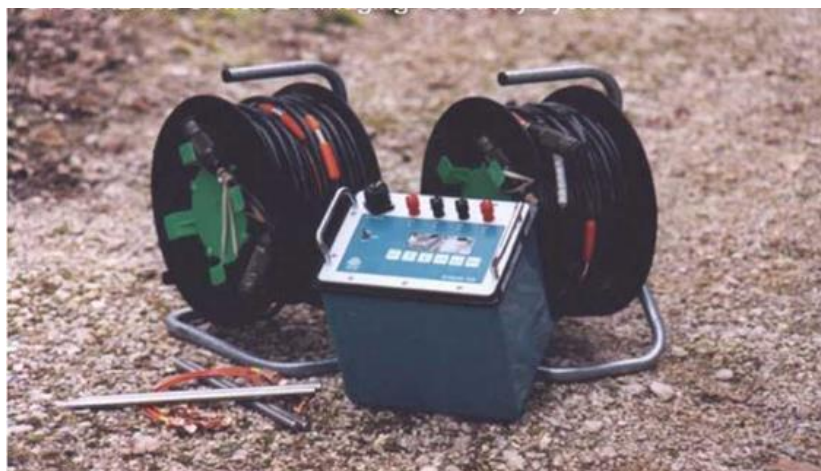
Разликата на електричниот потенцијал помеѓу мерните електроди зависи од геолошкиот состав на теренот и влажноста, така што оваа метода може да се употреби за истражување на подземните води.

2.4. Геоелектрично профилирање

Геоелектричното профилирање е слично на геоелектричното сондирање со таа разлика што се изведува со поголем број на електроди. Со помош на селектор се избираат активните електроди (две струјни и две потенцијални) за мерење. Мерењето се прави при различни длабочини (слика 4 и 5).

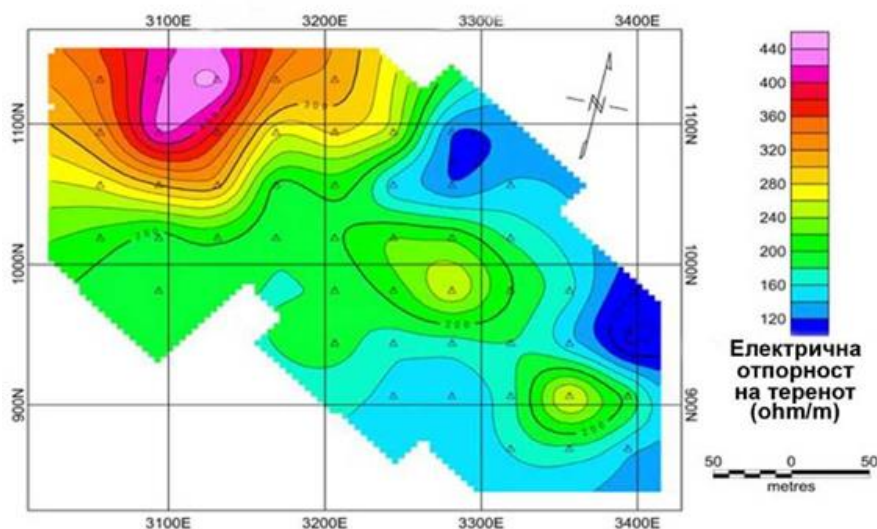


Слика 4. Шематски приказ на распоредот на електродите кај геоелектричен инструмент “Syscal Kid Switch 24” со 24 електроди



Слика 5. Геоелектричен инструмент “Syscal Kid Switch 24” со 24 електроди

Анализата на резултатите од геоелектричното профилирање се врши со специјален компјутерски софтвер кој дава дводимензионална слика за распоредот на електричната отпорност на испитуваниот терен (слика 6).



Слика 6. Карта на електричниот отпор на теренот

2.5. Георадар (Ground-Penetrating Radar)

Георадарот користи електромагнетни радио бранови во фреквенциското подрачје од 50 MHz до 1000 MHz. Составен е од предавател и приемник со соодветни антени и базен уред - компјутер кој што ги обработува и анализира добиените податоци.

Георадарот емитува поларизирани радио бранови во земјата. Кога радио брановите ќе најдат на закопан објект или геолошки слој со различна диелектрична константа, приемникот ги бележи варијациите на рефлектираниот сигнал.



Слика 7. Георадар „pulse EKKO PRO“

Длабочината до која може да се истражува со георадарот е лимитирана од електричната спроводливост на земјата, употребената фреквенција и иззрачената моќност на радио брановите од предавателот.

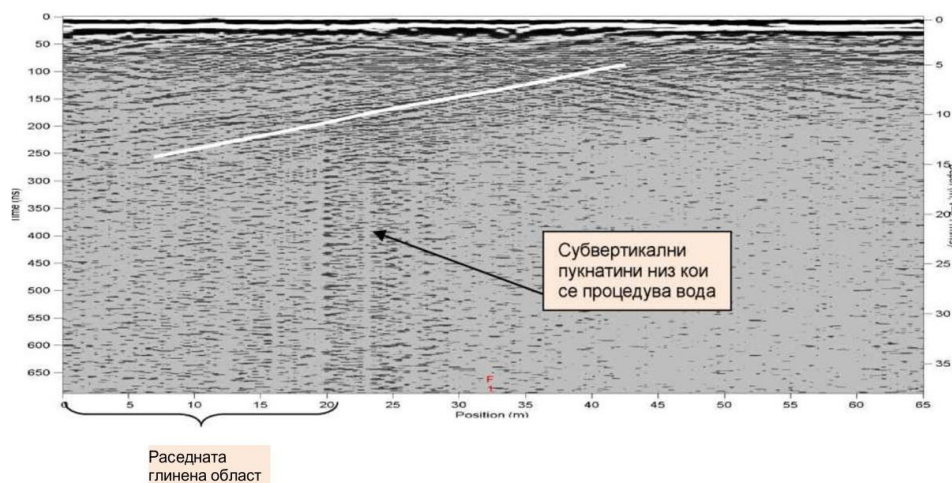
Ако електричната спроводливост на земјените слоеви е поголема, длабочината до која може да се истражува е помала и обратно.

Исто така, колку фреквенцијата е поголема - толку е помала длабочината до која може да се истражува, но резолуцијата е поголема и обратно.

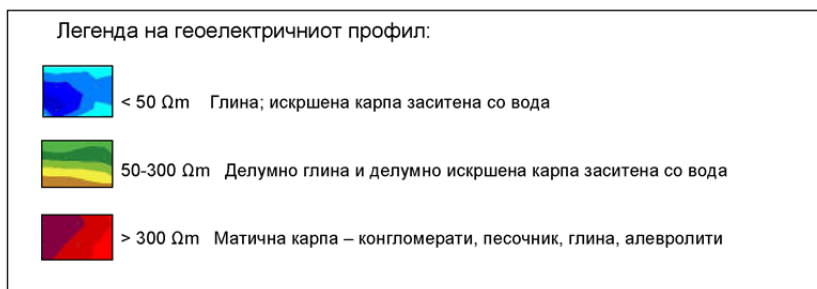
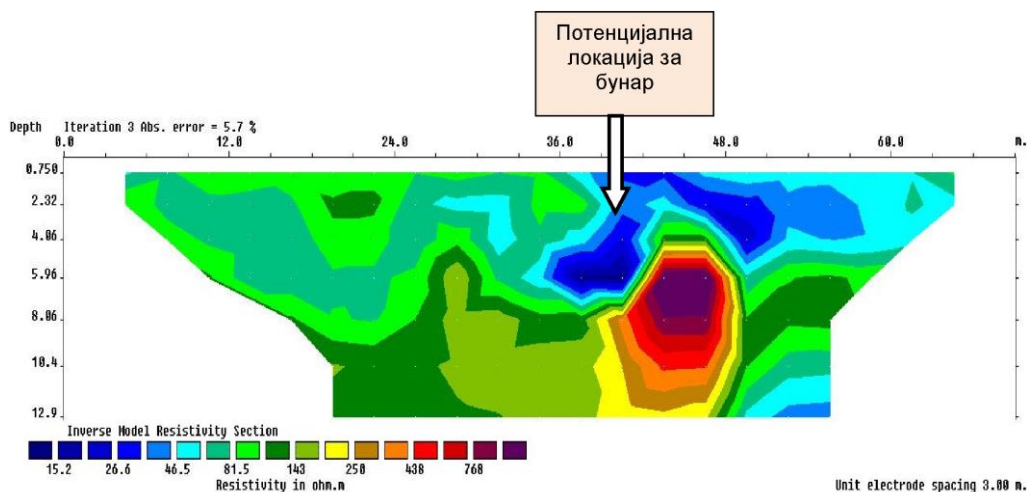
Георадарското снимање дава особено добри резултати при утврдување пукнатини во геолошкиот состав, како и разликување на компактни карпи од искршени карпи.

Во пракса, најдобри резултати при истражувањето на подземни води на некоја определена локација, се постигнуваат со примена на неколку геофизички методи истовремено.

На слика 8 и 9 се прикажани интерпретациите на снимените профили со помош на георадар и геоелектричниот профил на одредена локација.



Слика 8. Интерпретација на георадарски профил



Слика 9. Интерпретација на геоелектричен профил

5. ЗАКЛУЧОК

За истражување на подземните води се применуваат различни геофизички методи, зависно од геолошките и хидрогеолошките услови на теренот.

Од сеизмичките методи во хидрогеологијата најчесто се применува рефракционата метода. Најефикасни се геоелектричните методи.

Од електричните својства најважен е специфичниот електричен отпор на слоевите, па затоа и методите со кои се мерат разликите на специфичната електрична отпорност, го сочинуваат главниот дел на сите геоелектрични методи.

Електричната отпорност на водата се состои од примарна (електрична отпорност при влез на водата во порите на карпите) и секундарна (настанува со растворање на минералите во водата, што зависи од времето во кое делови од водата имаат допир со околната средина).

Специфичната електрична отпорност на подземната вода варира во широки граници: од стоти дел на еден ом по метар (Ω/m), за солена вода, па до неколку илјади оми по метар за свежа вода.

Од геоелектричните методи кои се користат при истражување на подземни води најкористени се: геоелектрично сондирање, геоелектрично профилирање и во поново време истражување со помош на георадар.

КОРИСТЕНА ЛИТЕРАТУРА

- [1] Слимак Ш. - Инженерска геофизика - Рударско - Геолошки факултет, Белград, 1996
- [2] Bernard J. - Short note on the principals of geophysical methods for groundwater investigations, 2003
- [3] Donald B. Hoover, Douglas P. Klein and David C. Campbell - Geophysical Methods in exploration and mineral environmental investigations, 1995
- [4] Jim Hasbrouck and Tony Morgan - Deep Groundwater Exploration Using Geophysics, 2003
- [5] Northwest Geophysical Associates - Geophysical Services for Groundwater exploration
- [6] U.S. Agency for International Development - Integration of geophysical methods for groundwater exploration in Turkmenistan (Project Number: CA20-011) 2001 - 2005
- [7] "Geosonda" doo Zenica - Primjenjena geofizika - Geofizicke metode (2005)